Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 357-371

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۷۱-۳۵۷

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی صفات مورفولوژی و عملکرد گیاه دارویی مرزه بختیاری تحت تاثیر تراکم و کودهای آلی در شرایط دیم

احمد میرجلیلی[۱]، محمدحسین لباسچی[۲*]، محمدرضا اردکانی[۳]، حسین حیدری شریف آباد[۴]، مهدی میرزا[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica*) تحت تاثیر کودهای آلی و تراکم‌های مختلف در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات مرتع همند دماوند در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. کود آلی شامل سه سطح کود دامی پوسیده ۳۰ تن در هکتار، کاه گندم فرآوری شده با سولفات آمونیوم۱۰ تن در هکتار و شاهد (بدون کود) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم بوته شامل سه سطح تراکم ۲۶۶۶۶ و ۴۰۰۰۰ و ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌عنوان عامل فرعی محسوب گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی، عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی، درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه و درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متر بود. نتایج بیانگر تفاوت معنی‌دار تیمارها در صفات اندازه‌گیری شده بود. در میان صفات اندازه‌گیری شده اثر کود آلی و تراکم بر ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه‌های اصلی، عملکرد ماده خشک در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بررسی اثر متقابل سال، کود آلی و تراکم نشان داد، بیشترین عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی (۴۲۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به مصرف کود دامی و تراکم زیاد در سال دوم و بیشترین مقدار ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی به‌ترتیب ۳۴ سانتی‌متر و ۲۹ عدد در تیمار کود دامی و سال دوم مشاهده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد درک موفقیت در استقرار و تحمل کامل گیاه در شرایط دیم به‌واسطه صفات اندازه‌گیری شده و نیز رطوبت بسیار کم خاک در برداشت محصول سرشاخه گلدار، با متوسط بارندگی حدود ۳۴۰ میلی‌متر در سال و استفاده از کود دامی و تراکم زیاد می‌تواند به افزایش عملکرد اقتصادی گیاه مرزه بختیاری در سال دوم کشت، منجرگردد.

واژه‌های کلیدی: درصد وزن خشک، سطح تاج پوشش، عملکرد ماده خشک، کود دامی، نمودار آمبروترمیک

مقدمه

گیاه مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica*) از خانواده Lamiaceae و جنس *Satureja* و به‌عنوان گیاه دارویی با ارزش محسوب می‌شود و از شاخه‌های گل‌دار آن به‌طور وسیعی در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود. مرزه بختیاری انحصاری ایران بوده و پراکنش نسبتاً گسترده‌ای در ایران دارد و در مناطق غربی، جنوب غربی و مرکزی ایران به‌خوبی رشد می‌کند (Jamzad, 2009). کشت دیم به شیوه‌ای از کشاورزی اطلاق می‌شود که صرفاً متکی به بارندگی است. امکان کشت دیم برای مناطقی که با محدودیت آب‌های سطحی زیرزمینی مواجه می‌باشند مزیت فوق‌العاده‌ای محسوب می‌شود. بخش گسترده‌ای از اراضی زیر کشت کشور ایران به کاشت دیم اختصاص دارد که متاسفانه به علت عدم رعایت اصول دیم‌کاری و مدیریت صحیح عملکرد کمی دارند، سطوح وسیع دیم‌زارهای کم بازده از نظر تولیدات ناهمگون با شرایط طبیعی، لزوم انتخاب کشت گیاهان مناسب و سازگار را آشکار می‌سازد. بنابراین کشت گیاهان دارویی چند ساله سازگار با شرایط دیم هر منطقه به‌عنوان کشت جایگزین گیاهان یک ساله غلات می‌تواند بهترین گزینه باشد، با استقرار گیاهان دارویی چند ساله می‌توان ضمن ایجاد پوشش گیاهی مناسب، از فرسایش ناشی از شخم‌های مکرر سالانه جلوگیری نمود (Lebaschi, 2008).

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف از بین بردن یا کاهش چشمگیر مضرات کودهای شیمیایی است (Emami Bistgani *et al*., 2018). کودهای آلی سبب تامین سلامت انسان و محیط زندگی می‌گردند و اهمیت کاربرد آن‌ها در مورد گیاهان دارویی که به‌طور مستقیم با

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار، بخش گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- استاد گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۴- استاد گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۵- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: lebaschy@rifr-ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i3.86519

سلامت انسان در ارتباط هستند محرز است (Sharma and Singh, 2002). مواد آلی به علت داشتن خصوصیاتی مانند قدرت جذب و نگهداری بالای مواد آلی و عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها (خصوصاً نیتروژن) و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (Jami *et al*., 2018). در شرایط دیم تراکم گیاه یک استراتژی موثر در بهبود عملکرد گیاه می‌باشد که به اقلیم و بارندگی بستگی دارد، در تراکم مطلوب، گیاهان از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و مواد غذایی حداکثر استفاده را می‌کنند. تراکم گیاه در واحد سطح یکی از عوامل مهم ایجاد رقابت در میان گیاهان زراعی است و فاصله مناسب بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌ها در روی ردیف تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته و تاثیر تراکم مناسب در موفقیت زراعت دیم گیاهان دارویی می‌باشد، از این رو رسیدن به تراکم مناسب در مناطق مختلف دیم‌کاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد. فواصل مختلف کاشت و تراکم بر عملکرد *Thymus spicata* نشان داد، بهترین عملکرد اسانس و وزن تر خشک در کمترین فاصله بین و روی ردیف حاصل می‌شود (Kizil and Toncer, 2005). بررسی فواصل کاشت (فاصله بین ردیف ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) در دو ناحیه و طی دو سال نشان دادکه بالاترین عملکرد رویشی در فواصل بین ردیف ۵۰ و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست می‌آید (Todorovic *et al*., 2008). کاربرد و مدیریت کود آلی و مواد مغذی آن می‌تواند یک فناوری امیدوارکننده برای تولید گیاهان دارویی به همراه حفظ منابع طبیعی باشد (Basak *et al*., 2019). همچنین بررسی شد میزان مواد مغذی در کودهای ارگانیک بسیار متفاوت است و با کاربرد آن گیاهان به راحتی از منابع مغذی بهتری استفاده می‌کنند (Pandey and Patra, 2015). در پژوهشی دیگر نیز در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش درصد حضور علف‌های هرز و حفظ رطوبت خاک، منجر به افزایش عملکرد ماده خشک گیاه مرزه موتیکا در شرایط دیم شد (Saki *et al*., 2019). این تحقیق با هدف تعیین تراکم مطلوب و نوع کود آلی بر عملکرد مرزه بختیاری در شرایط دیم انجام شد.

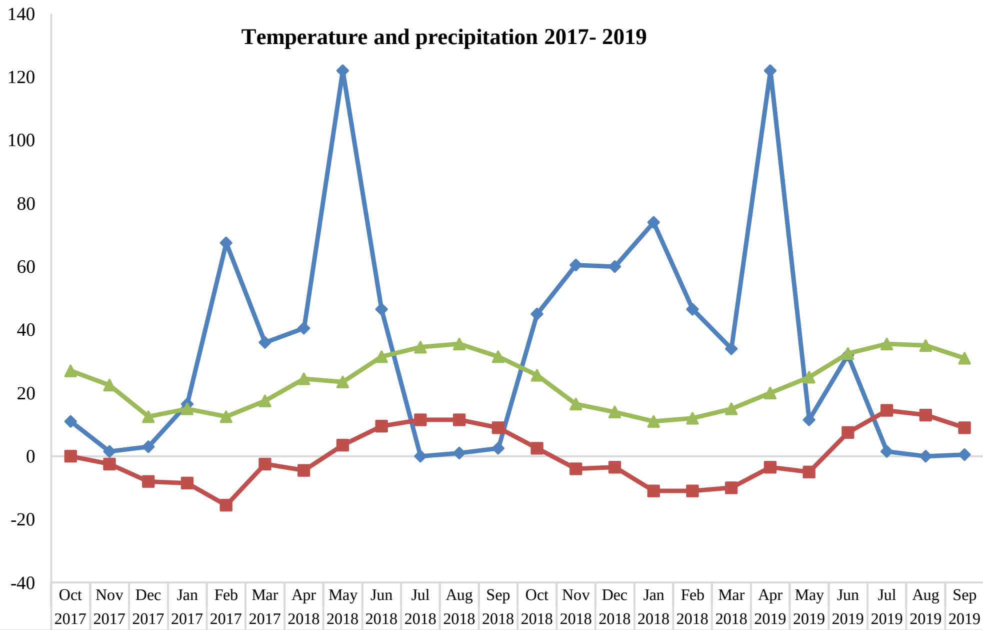
مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات مرتع همند آبسرد در طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در موقعیت جغرافیایی کیلومتر ۷ جاده فیروزکوه در شرق دماوند با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه شرقی و عرض جقرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه و ۹۰ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۹۶۰ متر با توپوگرافی، دشت بدون عارضه و شیب ۴٪ انجام شد. براساس تحقیقات جامع خاک‌شناسی، خاک آبرفتی، قهوه‌ای با طبقات آهکی در لایه زیرین و لایه رویی با بافت لومی (سنگین) با pH قلیایی (۸/۳) است. آب و هوای منطقه، نیمه استپی سرد بوده به‌طوری‌که بارندگی از اواسط آبان تا اول آذر شروع شده و تا اواسط خرداد ادامه دارد. پراکنش باران نسبتاً مناسب بوده و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۳۴۰ میلی‌متر و دوره یخبندان حدود ۵ ماه و دوره خشکی ۴ ماه می‌باشد. حداقل درجه حرارت در ماه‌های دی و بهمن ۱۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما در ماه‌های تیر و مرداد ۳۵+ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه حدود ۱۲+ درجه سانتی‌گراد است. متوسط تبخیر سالیانه حدود ۱۲۲۶ میلی‌متر و میانگین ساعات آفتابی در سال روزانه ۸ ساعت می‌باشد. در این آزمایش میزان بارندگی از مهر ۹۶ تا مهر ۹۷ برابر ۳۴۸ میلی‌متر و میزان بارندگی بهار ۹۷ به‌عنوان بارندگی موثر در طول دورهٔ رشد مرزه بختیاری ۲۰۹ میلی‌متر و میزان بارندگی مهر ۹۷ تا مهر ۹۸ برابر ۴۸۷ میلی‌متر و میزان بارندگی بهار ۹۸ به‌عنوان بارندگی موثر در طول دوره رشد مرزه بختیاری ۱۶۵ میلی‌متر بود (مستخرج از آمار ایستگاه هواشناسی مستقر در محل آزمایش) (شکل ۱).

جدول ۱ نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک تهیه گردید و همچنین جدول ۲ آنالیز کود دامی مصرف شده را نشان می‌دهد.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات مرتع همند (دماوند) اجرا گردید. گونه مورد بررسی در این تحقیق مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica*) بود. مساحت هر کرت فرعی ۴*۳ = ۱۲ مترمربع، هر کرت اصلی برابر ۳۶ مترمربع و مساحت خالص هر تکرار ۳ * ۳۶ = ۱۰۸ مترمربع است. مساحت کل طرح (سه تکرار) بدون فواصل بین کرت‌ها و تکرارها برابر ۳۲۴ مترمربع و با احتساب فواصل بین کرت‌ها و تکرارها برابر ۶۹۰ مترمربع بود. تیمارهای عامل اصلی عبارتند از: الف: کود گاوی پوسیده ۳۰ تن در هکتار، ب: کاه گندم ۱۰ تن در هکتار (فرآوری شده با کود سولفات آمونیوم)، ج : شاهد بدون کود مصرف کود گاوی پوسیده مورد نیاز برای اجرای طرح بر اساس۳۰ تن در هکتار، برای هر کرت فرعی برابر ۳۶ کیلوگرم برای هر کرت اصلی ۱۰۸ کیلوگرم و برای کل طرح (سه تکرار) برابر۹۷۲ کیلوگرم تعیین شد. تیمارهای عامل فرعی شامل سه تراکم ۲۶۶۶۶، ۴۰۰۰۰ و ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر برای همه تیمارها و روی ردیف با فواصل ۷۵، ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. تعداد بوته‌ها برای تراکم کم در هر کرت فرعی ۳۲ عدد، برای تراکم متوسط ۴۸ عدد و برای تراکم زیاد برابر ۹۶ بوته تعیین گردید که در ۶ خط ایجاد شده در هر کرت فرعی و در کف جوی کشت شد. تعداد نشاءهای لازم برای هر کرت اصلی برابر ۱۷۶ و جمعاً تعداد نشاءهای لازم برای کل طرح (سه تکرار) برابر ۱۵۸۴ عدد بود. نشاءهای لازم به تعداد مورد نیاز با کشت بذر در سینی‌های کشت، تهیه گردید و برای انتقال به زمین اصلی آماده شد. نشاءهای تهیه شده در اواخر سال ۹۶ (بیستم اسفند ماه) به‌منظور گذر از خطر

سرمازدگی پاییز و زمستان‌های بدون پوشش برف و با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی و قبل از وقوع بارندگی موثر به زمین اصلی منتقل گردید. با توجه به طرح دیم‌کاری این پژوهش و نیز در راستای استفاده بهینه گیاه از نزولات جوی، نشاءها در کف جوی‌های ایجاد شده کاشته شد. آماربرداری‌های سالانه فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد از کلیهٔ واحدهای آزمایشی صورت گرفت. پس از گلدهی ۵۰ درصد از گونه‌های مختلف مرزه، نسبت به جمع‌آوری و خشک کردن محصول و توزین آن‌ها اقدام گردید.



	Oct 2017	Nov 2017	Dec 2017	Jan 2017	Feb 2017	Mar 2017	Apr 2018	May 2018	Jun 2018	Jul 2018	Aug 2018	Sep 2018
Precipitation mm	11	1.5	3	16.5	67.5	36	40.5	122	46.5	0	1	2.5
Min temperature 0C	0	-2.5	-8	-8.5	-15.5	-2.5	-4.5	3.5	9.5	11.5	11.5	9
Max temperature 0C	27	22.5	12.5	15	12.5	17.5	24.5	23.5	31.5	34.5	35.5	31.5

	Oct 2018	Nov 2018	Dec 2018	Jan 2018	Feb 2018	Mar 2018	Apr 2019	May 2019	Jun 2019	Jul 2019	Aug 2019	Sep 2019
Precipitation mm	45	60.5	60	74	46.5	34	122	11.5	32	1.5	0	0.5
Min temperature 0C	2.5	-4	-3.5	-11	-11	-10	-3.5	-5	7.5	14.5	13	9
Max temperature 0C	25.6	16.5	14	11	12	15	20	25	32.5	35.5	35	31

شکل ۱- نمودار آمبروترمیک در سال ۲۰۱۷-۲۰۱۹

Figure 1- The ambrothermic diagram during 2017- 2019

جدول ۱- نتایج آزمایش نمونه خاک – ایستگاه تحقیقات همند

Table 1- Soil sample test results -Homand research station

مشخصات نمونه Sample specifications	pH	عصارهٔ اشباع EC (dS.m^{-1})	نیتروژن N %	کربن آلی OC %	آهک $Caco_3$ %	فسفر P (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	کلسیم Ca (mg.kg^{-1})	رس Clay %	لای Silt %	ماسه Sand %
عمق خاک ۲۰-۰ depth 0-20	8.3	0.8	0.97	1.1	6.5	34.0	834.0	3.1	33	46	21
عمق خاک ۲۰-۴۰ Depth 20-40	8.4	0.4	0.98	1.1	8.2	38.0	653.7	3.2	37	42	21

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود دامی مصرف شده

Table 2- Chemical properties of animal manure used

نوع کود Fertilizer	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH	فسفر کل P (mg.kg^{-1})	پتاسیم کل K (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل N %	کلسیم Ca %	خاکستر Ash %	ماده خشک DM %	گوگرد S %	ماده آلی OM %
دامی Cattel manure	16.4	8.2	1299.5	2583.97	2.1	1.2	14	92	1.78	39

برای اعمال تیمار کود ۳۶ کیلوگرم کود گاوی پوسیده برای هر کرت فرعی در نظر گرفته و درون شیارهای ایجاد شده به‌طور یکنواخت پخش و سپس روی کود با خاک پشته پوشانده‌شد. مقدار کاه گندم لازم برای اجرای هر طرح بر اساس ۱۰ تن در هکتار، برای هر کرت فرعی برابر ۱۲ کیلوگرم و برای هر کرت اصلی ۳۶ کیلوگرم و برای کل طرح (سه تکرار) برابر ۳۲۴ خواهد بود. به‌منظور اجرای تیمار کاه غنی شده، مصرف ۱۲ کیلوگرم کاه گندم خرد شده را درون شیارهای ایجاد شده هر کرت فرعی به‌طور یکنواخت پخش و مقدار ۲۴۰ گرم سولفات آمونیوم (براساس ۲ کیلوگرم برای هر ۱۰۰ کیلو کاه گندم)، پس از حل کردن در ۲۰ لیتر آب به‌وسیله آب‌پاش به‌طور یکنواخت روی کاه‌های کف جوی پاشیده شد. سپس روی آن را با خاک پشته پوشانده شد. پس از اعمال تیمارهای مورد نظر تهیهٔ بذر و نشاء از اکسشن‌های سازگار گونه مرزه بختیاری انجام پذیرفت سپس کاشت با رعایت تراکم‌های مورد نظر و قبل از بارندگی موثر انجام شد. درهنگام رشد بوته‌ها، وجین اطراف بوته‌ها در دو نوبت در ماه‌های اردیبهشت و تیر انجام گردید. آماربرداری مورفولوژیک و عملکرد سالانه گیاه مرزه بختیاری در زمان گلدهی کامل بوته‌ها، شامل ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی، عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی، درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه و درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر از کلیه واحدهای آزمایشی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه

اندازه‌گیری ارتفاع بوته

ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش و بر اساس حداقل ۱۰ بوته به‌طور تصادفی در مرحله گلدهی کامل گیاه انجام شد و سپس میانگین آن‌ها برحسب سانتی‌متر محاسبه شد.

اندازه‌گیری سطح تاج پوشش

اندازه‌گیری سطح تاج پوشش، در مرحله گل‌دهی کامل گیاه انجام شد. در این خصوص تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و سپس سطح تاج پوشش تک بوته با استفاده از رابطه (۱) بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری و بر اساس تعداد بوته‌های اندازه‌گیری شده میانگین آن‌ها محاسبه شد (Mokhtari Asl *et al*., 2007).

$$S_{cm}{}^2 = \frac{1}{4} P(X+Y)^2 \qquad (۱)$$

$۳/۱۴ = P$

X_{cm}= قطر بزرگ بوته

Y_{cm}= قطر کوچک بوته

اندزه‌گیری تعداد شاخه اصلی

اندازه‌گیری تعداد شاخه اصلی، در مرحله گل‌دهی کامل گیاه انجام شد. تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و سپس تعداد شاخه اصلی هر بوته شمارش و بر اساس تعداد بوته‌های اندازه‌گیری شده میانگین آن‌ها محاسبه شد.

عملکرد ماده خشک

برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک، ابتدا از اندام هوایی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی و در مرحله گلدهی کامل گیاه، نمونه‌برداری و با ترازوی دیجیتال توزین گردید و سپس نمونه‌ها به مدت زمان لازم در سایه خشک شده و سپس برگ و سرشاخه‌های گلدار آن توزین گردید (Nooshkam *et al*., 2014).

درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه

درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید

$$\text{درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه} = \frac{\text{وزن خشک}}{\text{وزن تر}} \times 100 \qquad (۲)$$

درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر

با استفاده از اوگر دستی نمونه‌های خاک از تمامی کرت‌ها، در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر برداشت و وزن گردید و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و مجدداً وزن گردیدند، پس از به‌دست آوردن وزن‌های خشک و مرطوب نمونه‌ها، درصد رطوبت نسبت به خاک خشک با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید.

$$\text{درصد رطوبت نسبت به خاک خشک} = \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خاک مرطوب}} \times 100 \qquad (۳)$$

محاسبات آماری

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث صفات مورفولوژیک و عملکرد مرزه بختیاری

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده سال، کود آلی و تراکم بر صفات، ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی و عملکرد ماده خشک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر ساده سال و تراکم بر صفت درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در سطح ۵ درصد و اثر ساده کود آلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر ساده سال بر درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر در سطح ۱ درصد و فقط اثر ساده کود آلی بر درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق ۰–۲۰ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال و کود بر ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی، عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال و تراکم بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی، عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در سطح ۱ درصد و بر صفت سطح تاج پوشش در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اما اثر

متقابل سال و کود و همچنین اثر متقابل سال و تراکم بر درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر معنی‌دار نشد. اثر متقابل کود و تراکم تنها بر صفات عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل سال و کود و تراکم بر صفات عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی مرزه بختیاری

Table 3- Results of analysis variance of morphological traits and yield of medicinal plant *Satureja bachtiarica*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	سطح تاج پوشش Canopy area	تعداد شاخه‌اصلی Number of main shoots	عملکرد ماده خشک Dry weight yield	درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه Percentage of dry weight compared to plant fresh weight %	درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ سانتی‌متر Moisture content relative to dry soil at 0-20cm	درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متر Moisture content relative to dry soil at 20-40cm
سال Year	1	2216.936**	294521.185**	2787.852**	135200.074**	158.329*	95.228**	50.344**
خطا (سال) Rep(Y)	4	5.148ns	503.852ns	6.796ns	184.370*	7.934ns	0.355ns	2ns
کود Fertilizer	2	323.556**	88141.352**	332.074**	14501.556**	189.591**	2.470*	0.633ns
سال× کود Fer*Year	2	124.963**	6014.685**	176.963**	11489.407**	165.515**	2.126ns	1.082ns
خطا (سال× کود) E(fer)	8	2.926ns	532.796ns	1.852ns	31.565ns	6.804ns	0.484ns	4.516ns
تراکم Density	2	220.500**	98.130**	98.130**	119384.722**	67.729*	0.780ns	6.905ns
سال× تراکم Den*Year	2	37.574**	26390.519*	41.796**	37028.574**	314.211**	2.403ns	2.218ns
کود× تراکم Den*Fer	4	4.472ns	1049.741ns	3.713ns	1372.944**	77.703**	0.808ns	8.409*
سال× کود× تراکم Year*Fer*Den	4	1.491ns	1141.685ns	0.824ns	2955.074**	98.448**	1.753ns	4.273ns
خطا E	24	1.917	1282.315	1.472	129.889	12.465	0.937	2.354
ضریب تغییرات ٪ % C.V	–	6.9	4.6	9.1	7.2	8.3	20.6	19.7

*، ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ۱٪ و ns بیانگر عدم معنی‌داری می‌باشد.

*, ** respectively means significant at the level of 5%, 1% and ns indicates non-significant.

مقایسه میانگین اثر ساده کود آلی نشان داد که در گیاه مرزه بختیاری با عدم مصرف کود دامی کاهش معنی‌دار در صفات ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی و عملکرد ماده خشک صورت گرفت. اما با کاربرد کود دامی اختلاف معنی‌دار در افزایش صفات اشاره شده مشاهده شد، به طوری که بیشترین صفات مذکور با ۲۴/۸۸ سانتی‌متر در تیمار کود دامی به‌دست آمد، همچنین مقایسه میانگین اثر ساده کود آلی بر صفات درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده تراکم بوته نشان داد که تراکم، شاخص صفات ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش، تعداد شاخه اصلی، عملکرد ماده خشک و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه را به‌طور معنی‌داری تغییر داد (جدول ۴). در بین تراکم‌های مختلف، تراکم زیاد به‌طور معنی‌دار سبب بیشترین افزایش ارتفاع بوته به میزان ۴۲ درصد و نیز بالاترین افزایش عملکرد ماده خشک به مقدار ۱۷۷ درصد در مقایسه با تراکم کم گیاه گردید. پس از این تیمار، تراکم متوسط مناسب‌ترین تیمار بود، همچنین بیشترین میزان تعداد شاخه اصلی، سطح تاج پوشش و درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه در تیمار تراکم متوسط به‌دست آمد. مقایسه میانگین اثر ساده تراکم بر درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰–۲۰ و ۲۰–۴۰ معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی مرزه بختیاری تحت تاثیر عوامل اصلی کود آلی و تراکم

Table 4- Comparison of the average traits of morphological traits and yield of medicinal plant *Satureja bachtiarica* under the influence of the main factors of organic fertilizer and density

صفات Traits / تیمارها Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطح تاج پوشش Canopy area (cm^2)	تعداد شاخه Number of branches	عملکرد ماده خشک Dry yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه Percentage of dry weight to compared plant fresh weight %	درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ سانتی‌متر Moisture content relative to dry soil at 0-20cm	درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۲۰-٤۰ سانتی‌متر Moisture content relative to dry soil at 20-40cm
کود آلی Organic fertilizer							
کود دامی Cattle manure	24.88[a]	856.11[a]	18.22[a]	190.55[a]	39.11[c]	4.9[a]	7.64[a]
کاه غنی شده Wheat straw	17.77[b]	717.94[c]	10.33[c]	145[b]	45.60[a]	4.91[a]	7.73[a]
شاهد Control	17.33[b]	767.72[b]	11.33[b]	138.44[b]	42.11[b]	4.26[a]	8[a]
تراکم Density							
تراکم زیاد High density	23.5[a]	753.78[b]	13.88[b]	248[a]	40.77[b]	4.66[a]	7.07[a]
تراکم متوسط Medium density	20[b]	824.44[a]	15.27[a]	136.61[b]	44.46[a]	4.91[a]	8.17[a]
تراکم کم Low density	16.5[c]	763.56[b]	10.72[c]	89.38[c]	41.58[b]	4.50[a]	8.12[a]

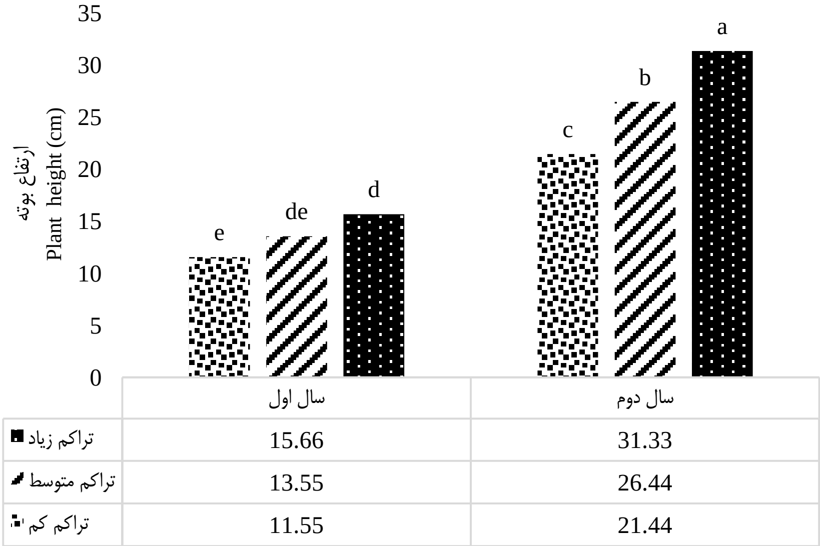
حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

In each column the similar letters indicated no significant difference among the means (by using Duncan at the 5% level)

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر متقابل سال و کودآلی و اثر متقابل سال و تراکم بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد. در نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و کود آلی بر ارتفاع بوته، بیشترین میزان ارتفاع بوته با ۳۴/۱۱ سانتی‌متر در تیمارهای کود دامی در سال دوم مشاهده شد. نتایج نشان داد که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین تیمار کودهای دامی و کاه غنی‌شده مشاهده شد. کمترین میزان ارتفاع بوته نیز با ۱۱/۷۷ سانتی‌متر در سال اول و تیمار کاه غنی‌شده مشاهده شد. به نظر می‌رسد که علت افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف کود دامی، مربوط به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین افزایش فعالیت ریز موجودات خاکزی می‌باشد. همچنین Singh and Ramesh, (2002) نشان دادند کاربرد کود آلی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه ریحان نسبت به شاهد می‌گردد. در پژوهشی دیگر علت این امر را فراهمی عناصر غذایی این کودها به‌ویژه محتوی نیتروژن نسبت دادند (Hekmati *et al*., 2012). در گیاه سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis*) تیمارهای کود آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه شدند (Mirmostafaei *et al*., 2013). بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال و تراکم بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تراکم بر ارتفاع بوته نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سال دوم بین تراکم زیاد و متوسط وجود داشت. بیشترین میزان ارتفاع بوته با ۳۱/۳۳ سانتی‌متر در سال دوم و تراکم زیاد مشاهده شد.کمترین میزان ارتفاع بوته با ۱۱/۵۵ سانتی‌متر در سال اول و تراکم کم مشاهده شد. به نظر می‌رسد به دلیل دایمی بودن گیاه و استقرار کامل آن در سال دوم موجب رشد مطلوب ارتفاع بوته در تمامی تراکم‌های مورد بررسی نسبت به سال اول شد (شکل ۲). افزایش تراکم به دلیل سایه‌اندازی و ورود کمتر نور به داخل تاج پوشش، رقابت بوته‌ها را برای جذب نور افزایش داده که این امر باعث بهبود ارتفاع بوته شده است. نتایج El-Gendy *et al*. (2001) نشان داد که با افزایش تراکم کاشت ریحان، ارتفاع گیاه بهبود یافت که دلیل آن را به افزایش رقابت درون گونه‌ای بوته‌ها برای جذب نور نسبت داد. بهبود کارایی جذب انرژی خورشیدی نیاز به وجود سطح برگ کافی داشته که با توزیع مناسب سطح خاک را پوشانیده باشد و این هدف با تغییر تراکم بوته در بوم‌نظام‌های زراعی میسر می‌گردد. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم گیاهی ارتفاع بوته گیاه دارویی اروانه بزقی افزایش یافت

(Sabet Teimouri *et al*., 2012). Zokaei *et al*. (2014) در بررسی اثر تراکم کاشت و الگوهای کاشت بر صفات فیزیولوژیکی و زراعی گیاه ریحان گزارش کردند که اثر تراکم و الگوی کاشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد. همچنین در تحقیقات دیگر آمده است، در تراکم گیاه و رقابت درون و برون گونه‌ای گیاهان نقش اصلی در به حداکثر رساندن عملکرد ماده خشک گیاهان دارند (Ferreira and Abreu, 2001, Emami Bistgani *et al*., 2012).

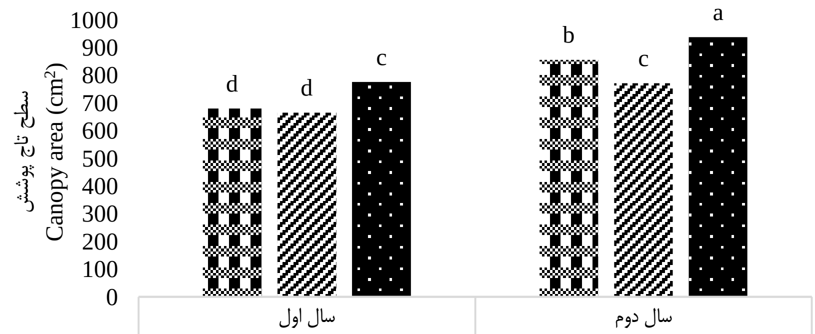


شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تراکم بر ارتفاع گیاه دارویی مرزه بختیاری

Figure 2- Results of comparing average interaction effect in year and density on the plant height of the medicinal plan *Satureja bachtiarica*

سطح تاج پوشش

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، اثر متقابل سال و کود آلی و اثر متقابل سال و تراکم بر سطح تاج پوشش معنی‌دار شد. براساس نتایج بیشترین میزان سطح تاج پوشش در تیمار کود دامی و سال دوم مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کاه غنی‌شده و شاهد مشاهده شد. بیشترین میزان میانگین سطح تاج پوشش تک بوته با ۹۳۶ سانتی‌متر مربع، در سال دوم و تیمار کود دامی و کمترین میزان میانگین سطح تاج پوشش تک بوته نیز با ۶۶۴ سانتی‌متر مربع، در سال اول و تیمار کاه غنی‌شده مشاهده شد که با شاهد (بدون کود) در سال اول اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۳). افزایش سطح تاج پوشش در تیمار کود دامی در سال دوم به سبب تجزیه کامل کود دامی توسط ریز موجودات خاکزی به‌واسطه وجود مواد آلی در کود دامی که با رهاسازی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف موجب افزایش مواد مغذی خاک و همچنین افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، که در نهایت باعث افزایش سطح تاج پوشش در گیاه مرزه بختیاری شد. Saki (2019) نیز اظهار داشت که بیشترین قطر تاج پوشش مرزه موتیکا (*Satureja mutica*) در تیمار کود گاوی به‌دست آمد. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال و تراکم بر سطح تاج پوشش معنی‌دار شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان سطح تاج پوشش در تیمار تراکم متوسط و سال دوم مشاهده شد، همچنین در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کود دامی و شاهد مشاهده نشد. بیشترین میزان میانگین سطح تاج پوشش تک بوته با ۹۱۷ سانتی‌متر مربع، در تیمار تراکم متوسط و سال دوم و کمترین میزان میانگین سطح تاج پوشش تک بوته نیز با ۶۹۴ سانتی‌متر مربع، در سال اول و تیمار تراکم کم که با تیمار زیاد در سال اول اختلاف معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد که در تراکم متعادل گیاهی، ضمن تسریع در رشد سطح تاج پوشش، بهره‌وری از عوامل محیطی و فتوسنتز گیاه بهبود یافته که در نتیجه موجب افزایش سطح تاج پوشش شده است. از طرف دیگر افزایش بیش از حد مطلوب تراکم با کاهش فضای مورد نیاز برای رشد هر بوته به دلیل بروز رقابت، موجب کاهش رشد و سطح تاج پوشش گردید. Mir, *et al*. (2011) در بررسی اثر تراکم بر رشد گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گزارش کردند که با افزایش فاصله بین ردیف، قطر تاج پوشش افزایش یافت. Hekmati *et al*. (2012) با بررسی اثر فاصله بین و روی ردیف در گیاه مرزه (*Satureja montana*) گزارش کردند که بیشترین قطر تاج پوشش در فاصله روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد.



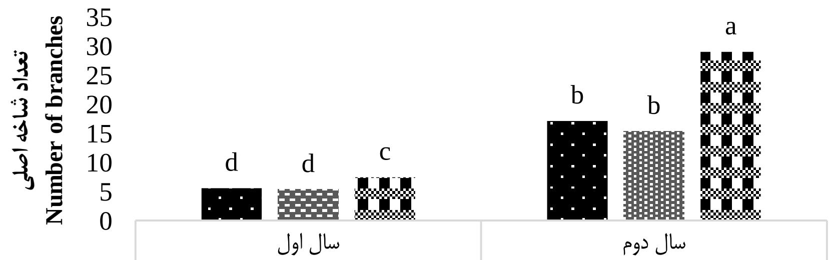
	سال اول	سال دوم
کود دامی	775.56	936.67
کاه غنی شده	664.78	771.11
شاهد	679.89	855.56

شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و کود آلی بر سطح تاج پوشش گیاه دارویی مرزه بختیاری

Figure 3- Results of comparing average interaction effect in year and fertilizer on the Canopy area of the medicinal plant *Satureja bachtiarica*

تعداد شاخه اصلی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد، اثر متقابل سال و کود آلی و اثر متقابل سال و تراکم بر تعداد شاخه اصلی معنی‌دار شد. براساس نتایج بیشترین میزان تعداد شاخه اصلی در تیمار کود دامی و سال دوم مشاهده شد. نتایج نشان داد که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کاه غنی‌شده و شاهد مشاهده نشد. بیشترین میزان تعداد شاخه اصلی ۲۹ عدد در سال دوم و تیمار کود دامی و کمترین میزان تعداد شاخه اصلی نیز با ۵/۳۳ عدد در سال اول و تیمار کاه غنی‌شده که با شاهد (بدون کود) در سال اول اختلاف معنی‌داری نداشت، مشاهده شد (شکل ۴). افزایش تعداد شاخه اصلی در گیاه مرزه در سال دوم احتمالاً به دلیل دایمی بودن گیاه و رشد مطلوب آن به لحاظ استقرار کامل مرزه در سال دوم و همچنین تجزیه کامل کود دامی در این سال و سازگاری گیاه با شرایط محیط باشد. بنابراین کاهش شاخه‌دهی ناشی از کاهش رشد در شرایط دیم می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه دارویی مرزه بختیاری نیز در نظر گرفته شود. Ogbonnaya *et al*. (1998) محدود شدن شاخه‌دهی تحت شرایط خشکی را به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری درنظر گرفتند که به‌وسیله آن گیاه تلاش می‌کند پتانسیل خود را برای مراحل بحرانی تر نمو، نظیر مرحله گل‌دهی حفظ نماید. براساس گزارشات Rahmani *et al*. (2009) و Shokrani and Pirzad (2012) در گیاه همیشه‌بهار تنش آبی موجب محدودیت تعداد شاخه‌ها شد. همچنین به نظر می‌رسد کود دامی به دلیل افزایش نفوذپذیری آب در خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب ریشه‌زایی و ساقه‌دهی و همچنین بهبود تغذیه گیاه موجب افزاش رشد و همچنین افزایش تعداد شاخه اصلی گیاه گردید. Sabet Teimouri *et al*. (2012) نیز اظهار داشتند که بیشترین شاخه‌دهی و تاج پوشش بوته گل اروانه بزاقی (*Hymenocrater platystegius*) در تیمار کود گاوی به‌دست آمد.



	سال اول	سال دوم
کود دامی	7.44	29
کاه غنی شده	5.33	15.33
شاهد	5.55	17.11

شکل ٤- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال و کود آلی بر تعداد شاخه اصلی گیاه دارویی مرزه بختیاری

Figure 4- Results of comparing average interaction effect in year and fertilizer on the number of branches of the medicinal plant *Satureja bachtiarica*

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال و تراکم بر تعداد شاخه اصلی معنی‌دار شد. بیشترین تعداد شاخه اصلی ۲۴/۲۲ عدد در سال دوم و تراکم متوسط مشاهده شد. کمترین میزان شاخه اصلی ۴/۴۴ عدد در سال اول و تراکم کم مشاهده شد که با تراکم‌های متوسط و زیاد در سال اول اختلاف معنی‌دار نداشت.(2001) Lebaschy *et al.* در بررسی‌های خود بر روی گل راعی بیشترین تعداد ساقه را در کمترین تراکم مشاهده کردند. Nurzynska-wierdak and Dzida (2009) در بررسی‌های خود روی گیاه مرزنگوش بیشترین تاج پوشش را در تراکم کمتر مشاهده نمودند که با نتایج این بررسی مطابقت داشت. Al-Ramamneh (2009) در بررسی اثر تراکم روی گیاه آویشن بیشترین قطر کانوپی را در بالاترین تراکم به‌دست آورد که با نتایج این تحقیق مطابقت نداشت.

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سال و کود بر عملکرد ماده خشک گیاه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد ماده خشک در تمامی تیمارهای کود آلی در سال دوم به‌طور متوسط ۹۲ درصد بیشتر از سال اول بود. بیشترین میزان عملکرد ماده خشک گیاه با ۲۶۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و تیمار کود دامی مشاهده شد. در سال دوم زراعی بین تیمار کاه غنی شده و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده افزایش عملکرد ماده خشک گیاه مرزه در تیمار کود دامی و سال دوم می‌تواند ناشی از تجزیه کامل کود دامی در سال دوم و قابل جذب شدن آن باشد. Rezvani Moghaddam *et al.* (2015) در بررسی تأثیر کودهای زیستی و آلی بر برخی صفات گیاه دارویی مرزه نشان دادند که فرآیند افزایش رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. بنابراین به نظر می‌رسد کودهای آلی با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد گیاه و افزایش عملکرد زیستی شده باشد، همچنین بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه‌ها نیز در افزایش رشد گیاهان در اثر کاربرد کودهای آلی مؤثر هستند. El Gendy *et al.*, (2001) و Asgharipour and Rafiei (2011) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی باعث افزایش وزن خشک گیاه ریحان شد. در گیاه دارویی چای نسه یا چای آلمانی (*Orthosiphon stamineus* Benth.) نیز کود گاوی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک نسبت به سایر کودهای آلی شد (Affendy *et al.*, 2010). براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال و تراکم بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تراکم کاشت، عملکرد ماده خشک گیاه افزایش پیدا کرد که این مقدار در سال دوم زراعی بیشتر از سال اول بود. بیشترین میزان عملکرد ماده خشک با ۳۵۰/۱۱ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و تراکم زیاد مشاهده شد. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح علی‌رغم کاهش وزن تک بوته، به دلیل افزایش تعداد بوته در هکتار و همچنین رقابت درون‌گونه‌ای بوته‌ها و استفاده بهینه از فضاهای موجود موجب بالا رفتن عملکرد ماده خشک مرزه شد. همچنین پژوهش شده‌است، در بین عوامل زراعی، تراکم گیاه در یک دامنه بهینه برای استفاده موثر از منابع محیطی مانند تابش خورشیدی، آب و مواد مغذی مهم است و نقش مهمی در تنظیم رقابت درون‌گونه‌ای گیاهان دارد (Ghiasy-Oskoee *et al.*, 2018). همچنین گزارش شد در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش درصد حضور علف‌های هرز، عملکرد ماده خشک بهبود یافته است (Martin and Deo, 2000). همچنین Bullock *et al.* (2000) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم به دلیل استفاده بهتر از منابع، مقدار عملکرد ماده خشک ریحان تحت تأثیر افزایش فتوسنتز، افزایش یافت.

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل کود و تراکم بر عملکرد ماده خشک گیاه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تراکم زیاد و متوسط وجود دارد. بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار کود دامی و تراکم زیاد و کمترین میزان عملکرد ماده خشک گیاه در تیمار شاهد و تراکم کم مشاهده شد که با دیگر تیمارها در تراکم کم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). اگرچه درکود دامی پتانسیل بازگشت عناصر غذایی نسبتاً بالا است، ولی سرعت آزاد شدن نیتروژن و سایر عناصر غذایی از این کودها تدریجی و آهسته می‌باشد، به طوری که این مواد برای تجزیه شدن نیاز به گذشت زمان دارند (Markewich *et al.*, 2010). Singh *et al.* (2010) بیان داشتند که مصرف کودهای آلی سبب افزایش تولید محصول گیاه نعناع (*Mentha arvensis* L.) گردید. Al-Ramamneh (2009) بیان کرد که با افزایش تراکم طی دو سال اول رشد آویشن، عملکرد ماده خشک افزایش یافت. در گل گاوزبان نیز با افزایش تراکم وزن خشک تک بوته کاهش یافت، به عبارت دیگر با افزایش تراکم عملکرد بیولوژیک افزایش نشان داد (Latmahalleh *et al.*, 2011). گیاهان در تراکم پایین، شاخه و غلاف بیشتری تولید کرده، اما تعداد غلاف در واحد سطح کاهش می‌یابد بنابراین عملکرد کاهش خواهد یافت (Taufiq and Kristiono, 2016).

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال، کود و تراکم بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان عملکرد ماده خشک با ۴۲۶ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و تیمار کود دامی و تراکم زیاد مشاهده شد. Rezvani Moghaddam *et al.* (2015) در بررسی تأثیر کودهای زیستی و آلی بر برخی صفات گیاه دارویی مرزه نشان دادند که فرآیند

رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. بنابراین به نظر می‌رسد کودهای آلی با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد مرزه و افزایش عملکرد زیستی شده باشد. بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه‌ها نیز در افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر کاربرد کودهای آلی مؤثر هستند. اثر تراکم بر عملکرد ماده خشک به لحاظ افزایش بوته در واحد سطح و استقرار و رشد بیشتر بوته‌ها در سال دوم افزایش معنی‌دار داشت و سبب افزایش عملکرد ماده خشک گیاه مرزه گردید. هنگامی که تعداد بوته در واحد سطح از حد مطلوب فراتر رود، رقابت درون گونه‌ای برای جذب منابع محدود غذایی افزایش می‌یابد (Jiang *et al*., 2013). همچنین Naghdi Badi *et al.* (2002) نیز دریافتند که در گیاه دارویی آویشن با کاهش فاصله ردیف و افزایش تراکم بوته، عملکرد ماده خشک افزایش پیدا کرد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود آلی و تراکم بر عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) گیاه مرزه بختیاری

Table 5- Results of comparing average interaction effect in fertilizer and density on the dry yield of the medicinal plant *Satureja bachtiarica*

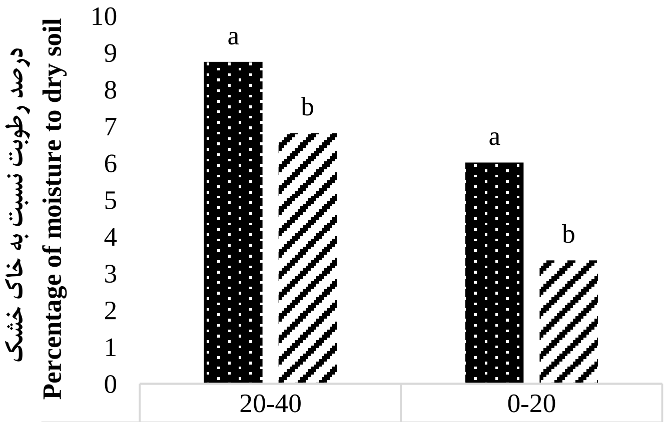
تراکم Density / کود آلی Organic fertilizer	تراکم زیاد High density	تراکم متوسط Medium density	تراکم کم Low density
کود دامی Cattle manure	290.66[a]	176.83[bc]	104.16[d]
کاه گندم غنی شده Enriched wheat straw	223.50[b]	127.33[cd]	84.16[d]
شاهد Control	229.83[b]	105.66[d]	79.83[d]

درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه

بر اساس نتایج موجود در جدول ۳ درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر مصرف کود آلی و تراکم‌های مختلف قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سال و کود بر درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه با ۵۰/۶۳ درصد در سال اول و تیمار کود کاه غنی شده مشاهده شد، که دلیل آن می‌تواند میزان ۲۸ درصد بارندگی کمتر در سال اول و تنش گیاه به لحاظ کمبود رطوبت قابل دسترس گیاه باشد، همچنین نیز در سال دوم زراعی بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سال و تراکم بردرصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تراکم کاشت، درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه افزایش پیدا کرد که این مقدار در سال اول زراعی بیشتر از سال دوم بود. بیشترین میزان درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه با ۵۰/۹۷ درصد در سال اول و تراکم متوسط به‌دست آمد و در سایر تیمارها در سال اول و دوم کمترین میزان درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل کود آلی و تراکم بر درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه با ۵۲/۵۸ درصد در تیمار کاه غنی شده و تراکم متوسط و در سایر تیمارها کمترین میزان درصد وزن خشک نسبت به وزن تر گیاه مشاهده شد.

درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سال و درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ گیاه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ در سال دوم مشاهده شد که دلیل آن می‌تواند افزایش۴۰ درصدی میزان بارندگی در سال دوم نسبت به سال اول باشد که در نهایت سبب افزایش عملکرد اقتصادی مرزه بختیاری در سال دوم شد (شکل ۶).



	20-40	0-20
سال اول	6.82	3.36
سال دوم	8.75	6.02

شکل ٦- مقایسه میانگین درصد رطوبت نسبت به خاک خشک در عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متر در سال‌های اول و دوم

Figure 6- Comparison of mean moisture content relative to dry soil at depths of 0-20 and 20-40 cm in the first and second years

نتیجه‌گیری

در دیم‌کاری انتخاب گیاهی که بتواند در شرایط کمبود بارندگی، تابستان طولانی و گرم و همچنین افزایش پتانسیل منفی آب در خاک با ایجاد پتانسیل منفی‌تر در گیاه آب مورد نیاز برای رشد و انجام مراحل کامل فنولوژیک خود را تأمین نماید یک اصل مهم و تعیین‌کننده است. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه مرزه بختیاری با توجه به برخی خصوصیات مورفولوژیک مانند شکل بوته و نوع برگ و طول ریشه به‌عنوان یک گیاه دارویی مقاوم و سازگار با شرایط دیم مناطق نیمه استپی سرد همانند منطقه دماوند که از لحاظ اکولوژیکی با حداقل و حداکثر دمای مطلق $-۱۵^{\circ}C$ و $+۳۵^{\circ}C$ و میانگین بارندگی حدود ۳۴۰ میلی‌متر در سال که حدود ۱۶۵ میلی‌متر آن در فصل بهار به‌عنوان فصل رشد و استقرار گیاه بارش می‌شود، می‌تواند مورد کشت قرار گیرد. با توجه به نتایج این تحقیق، در شرایط دیم مناطق نیمه استپی سرد می‌توان تیمار کود دامی همراه با تراکم زیاد را با بیشترین عملکرد اقتصادی (ماده خشک) در طول تابستان نسبتاً طولانی و رطوبت بسیار کم زمین، به‌عنوان تیمار مقاوم به خشکی با توان تولید کمی و کیفی بالا (به لحاظ عدم استفاده از کودهای شیمیایی) معرفی کرد. Saki (2019) در بررسی تأثیر تراکم و کودهای آلی بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه موتیکا (*Satureja mutica*) در شرایط دیم نشان داد مقادیر صفات اندازه‌گیری شده به دلیل سازگاری گیاه با شرایط محیطی در سال دوم زراعی نسبت به سال اول به‌طور معنی‌داری بالاتر بود، همچنین نیز تیمار کود گاوی و تراکم زیاد بهترین تیمار جهت بهبود صفات اندازه‌گیری شناخته شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. Lebaschi *et al*. (2017) در پژوهش تاثیر تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی سه گونه آویشن در شرایط دیم سه استان کشور دریافتند افزایش عملکرد ماده خشک در تراکم بالا در شرایط دیم استان‌های کرمانشاه، کردستان و تهران نشان‌دهنده ظرفیت بالای تولید آویشن در شرایط دیم بوده و به عبارت دیگر کاهش میزان تولید در سال اول و افزایش تولید در سال سوم آزمایش می‌تواند نشان‌دهنده توان سازگاری و تولید بالاتر این گونه در شرایط اقلیمی متفاوت در سال‌های مورد آزمایش در شرایط دیم باشد.

در این تحقیق که مقایسه‌ای بین تیمارهای مختلف کود آلی و تراکم‌های مختلف بود مشخص گردید که تیمار کود دامی همراه با تراکم زیاد دارای برتری در کلیه صفات مورفولوژیک و عملکرد اقتصادی (ماده خشک) نسبت به سایر تیمارها بود، که این امر حکایت از موفقیت در افزایش پتانسیل حفظ رطوبت و تامین عناصر غذایی در خاک به لحاظ کاربرد کود دامی و همچنین کودپذیری مناسب گیاه و نیز تناسب و رقابت بهینه درون گونه‌ای در راستای سازگاری، استقرار و عملکرد بهتر مرزه بختیاری در تراکم‌های زیاد از ویژگی‌هایی است که می‌توان از گیاه دارویی مرزه بختیاری در برنامه‌های آتی دیم‌کاری گیاهان دارویی در دیم‌زارهای کم بازده مناطق نیمه استپی سرد کشور مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

References

1. Affendy, H., Aminuddin, M., Arifin, A., Mandy, M., Julius, K., and Tamer, A. T. 2010. Effects of light intensity on *Orthosiphon stamineus* Benth. seedlings treated with different organic fertilizers. International Journal of Agricultural Research 5: 201-207.

2. Al-Ramamneh, E. A. D. M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.
3. Asgharipour, M., and Rafiei, M. 2011. Effect of different organic amendments and drought on the growth and yield of basil in the greenhouse. Advances in Environmental Biology 5: 1233-1239. (in Persian with English abstract).
4. Basak, B. B., Jat, R. S., Gajbhiye, N. A., Saha, A., and Manivel, P. 2019. Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrograghis paniculata*), and soil properties. Journal of Plant Nutrition 43: 548-562.
5. Bullock, D. G., Nielson, R. I., and Nyquist, W. E. 2000. A growth analysis comparison of sweet basil growth in conventional and equidi plant spacing. Crop Science 29: 256-258.
6. El Gendy, S. A., Hosni, A. M., Omer, E. A., and Reham, M. S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science 9: 915-933.
7. Emami Bistgani, Z., Siadat, A., Torabi, M., Bakhshandeh, A., Alami Saeed, K. H., and Shiresmaeili, H. 2012. Influence of plant density on light absorption and light extinction coefficient in sunflower cultivars. Research on Crops 13 (1): 174-179.
8. Emami Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Maggi, F., and Morshedloo, M. R. 2018. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. Industrial Crops and Products 121: 434-440.
9. Ferreira, A. M., and Abreu, F. G. 2001. Description of development, light interception and growth of sunflower at two sowing dates and two densities. Mathematics and Computers in Simulation 56: 369-84.
10. Ghiasy-Oskoee, M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., and Ayyari, M. 2018. Blessed thistle agronomic and phytochemical response to nitrogen and plant density. Industrial Crops and Products 122: 566-573.
11. Hekmati, M., Hadian, J., and Tabaei Aghdaei, S. R. 2012. Evaluating the effect of planting density on yield and morphology of savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad). Annals of Biological Research (in Persian with English abstract).
12. Jami, M. Gh., Ghavavand, A., Modares sanavi, A. M., and Mokhtas Bigdeli, A. 2018. Evaluation of agronomic traits and quality of sunflower seed in response to nitrogen and zeolite under different irrigation regimes. (in Persian with English abstract).
13. Jamzad, Z. 2009. Thyme and Horses of Iran. Forests and Rangelands Research Institute of Iran Publications, Tehran, 171 p. (in Persian).
14. Jiang, W., Wang, K., Wu, Q., Dong, S., Liu, P., and Zhang, J., 2013. Effects of narrow plant spacing on root distribution and physiological nitrogen use efficiency in summer maize. Crop Journal 1: 77-83.
15. Kizil, S., and Tonçer, O. 2005. Effect of different planting densities on yield and yield components of wild thyme (*Thymbra spicata var*. spicata). Acta Agronomica Hungarica 53 (4): 417-422.
16. Latmahalleh, D. A., Niyaki, S. A. N., and Vishekaei, M. N. S. 2011. Effects of plant density and planting pattern on yield and yield components of iranian ox-tongue (*Echium amoenum Fisch* and Mey) in north of Iran. Journal of Medicinal Plant Research 5: 932-937.
17. Lebaschy, M. H., Matin, A., Amin, Gh., Sharifi, E., and Ahmadi, L. 2001. Effects of manure, chemical fertilizer and plant density on hypericin content of *Hypericum perforatum*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research Quarterly 10: 64-39. (in Persian with English abstract).
18. Lebaschi, M. H. 2008. Dry farming of Medicinal Plants. Pooneh Publications. 96 pages. -13. (in Persian).
19. Lebaschy, M. H., Sharifi Ashoorabadi, E., Makizadeh Tafti, M., Asadi Sanam, S., and Karimzadeh Asl, Kh. 2017. effect of plant density on quantitative and qualitative yield of three species of (*Thymus*) in dry farming conditions of three provinces. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33 (6). (in Persian with English abstract).
20. Markewich, H. A., Mbugua, D., and Cherney, D. October 2010. Effects of storage methods on chemical composition of manure and manure decomposition in soil in small-scale Kenyan systems.
21. Martin, R. J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28: 37-44.
22. Mir, B., Ghanbari, A., Ravan, S., and Asgharipour, M. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdarij* in Zabol region. Advances in Environmental Biology 5: 1156-1161.
23. Mirmostafaei, S., Azizi Errani, M., Bahreyni, M., Aruei, H., and Orojalian, P. 2013. Effect of manure and urban areas compost on growth, yield and essential oil content and microorganisms of *valerian*. Journal of Plant Production-agricultural Science 10 (2): 1-10. (in Persian with English abstract).
24. Mokhtari Asl, A., and Mesdaghi, M. 2007. Estimation of production of two species of rangeland, *Atriplex verrciferum* and *Salsola dendroides*, using crown and volume coverage parameters. Journal of Research and Construction in Natural Resources 77: 141-147.

25. Naghdi Badi, H., Yazdani, F., and Nazari, S. 2002. Seasonal changes in yield and composition of thyme essential oil (*Thymus vulgaris* L.). Planted at different densities. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research Quarterly 5: 51-56. (in Persian with English abstract).
26. Nooshkam, A., Majnoun Hoseini, J., Hadian, M. R., Jahansooz, and Khavazi, K. 2014. The effects of irrigated and dryland farming conditions on vegetative and essential oil yield of two medicinal species, *Satureja khuzistanica* Jamzad and S. rechingeri Jamzad in North of Khuzestan. (in Persian with English abstract).
27. Nurzynska-wierdak, R., and Dzida, K. 2009. Influence of plant density and term of harvest on yield and chemical composition of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 8 (1): 51-61.
28. Ogbonnaya, C. L., Nwalozie, M. C., Roy-Macauley, H., and Annerose, D. J. M. 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil. Industrial Crops and Products. 8: 65-76.
29. Pandey, V., Patel, A., and Patra, D. D. 2015. Amelioration of mineral nutrition productivity, antioxidant activity and aroma profile in marigold (*Tagetes minuta* L.) with organic and chemical fertilization. Industrial Crops and Products 76: 378-385.
30. Pirzad, A., and Shokrani, F. 2012. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. World Applied Sciences Journal 18 (9): 1203-1208. (in Persian with English abstract).
31. Rahmani, N., Valadabadi, A. R., Daneshian, J., and Bigdeli, M. 2009. The effect of different levels of drought and nitrogen stress on oil yield in medicinal plants is (*Calendula Officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 24 (1): 108-101. (in Persian with English abstract).
32. Rezvani Moghaddam, P., Ghafouri, A., Bakhshai, S., and Jafari, L. 2015. Effects of Organic and Organic Fertilizers on Quantitative and Essential Characteristics of (Satureja *hortensis* L). Journal of Agricultural Ecology 5 (2): 105-112. (in Persian with English abstract).
33. Sabet Teimouri, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Comparison of essential oil percent of Gol-e-Arvaneh Bezghi (*Hymenocrater platistegius* Rech. F.) in six habitats of Khorasan province, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 12: 643-646. (in Persian with English abstract).
34. Saki, A. 2019. The effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative plant density and Drug Savory *satureja mutica* under dryland conditions of Damavand. PhD Thesis. Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University. 210 pp.
35. Saki, A., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B., and Mirza, M. 2019. Plant Yield, Antioxidant Capacity and Essential Oil Quality of *Satureja Mutica* Supplied with Cattle Manure and Wheat Straw in Different Plant Densities. Journal of Communications in Soil Science and Plant Analysis 0010-3624.
36. Sharma, V. K., and Singh, R. 2002. Effect of farmyard manure and fertilizers applied to maize on grain yield and available nutrient status in maize-wheat sequence in dryland farming submontane conditions of Himachal Pradesh. Journal of Hill Research 9: 395-399.
37. Singh, M., and S. Ramesh. 2002. Response of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to organic and inorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 24 (4): 947-950.
38. Singh, M., Singh, A., Singh, S., Tripathi, R. S., Singh, A. K., and Patra, D. D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31 (2): 289-293.
39. Taufiq, A., and Kristiono, A. 2016. Effect of plant population on character expression of five mungbean genotypes under different soil fertility. Agritiva Journal of Agricultural Science 38 (3): 251-260.
40. Todorovic, G., Jevdjovic, R., and Kostic, M. 2008. Effects of sowing densities and locations on common thyme (*Thymus vulgaris* L.). Poljoprivredne aktuelnosti 1-2: 83-89.
41. Zokaei, A., Ahmadian, A., Seifzadeh, S., and Taheri, M. 2014. The effect of densities and planting patterns on physiological and crop traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Crop Research 6 (2): 143-158. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 357-371

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۷۱-۳۵۷

Evaluation of Morphological Traits and Yield of *Satureja bachtiarica* Affected by Density and Organic Fertilizers under Dryland Farming Conditions

A. Mirjalili[1], M. H. Lebaschi[2*], M. R. Ardakani[3], H. Heidari Sharifabad[4], M. Mirza[5]

Received: 22-04-2020
Accepted: 23-08-2020

Introduction

Savory plant (*Satureja bachtiarica*) belonging to the Lamiaceae family and the genus *Satureja* is considered as a valuable medicinal plant. Flowering branches are widely used in food and pharmaceutical industries. This plant is native of Iran and grows well in the western, southwestern and central regions of Iran. Cultivation of permanent medicinal plants adapted to the dryland farming conditions of each region can be the best option for alternative annual cereal cultivation. Establishment of permanent medicinal plants, while creating suitable vegetation, can prevent erosion caused by repeated annual plowing. One of the main pillars in sustainable agriculture is the use of organic fertilizers in crop ecosystems with the aim of eliminating or significantly reducing the harms of chemical fertilizers. Organic fertilizers help to human health and environment. Also it is absolutely evident the importance of their application to medicinal plants that are directly related to human health. In dryland farming condition, plant density is an effective strategy to improve plant yield, which depends on climate and rainfall. At optimum density, plants make the most of environmental factors such as light, moisture, and nutrients. Plant density per unit area is one of the important factors in creating competition among plants. The appropriate distance between planting rows and between plants on the row are usable growth space of each plant. Proper density is one of the important factors in the success of dry farming of medicinal plants. Therefore, achieving proper density in different areas is very important.

Materials and Methods

An experiment was conducted as a split plot based on randomized complete block design with three replications at Homand rangeland research station of Damavand in 2017 and 2018 in dryland farming conditions. Organic fertilizer as a main factor included three levels of cattle manure (30 tons ha^{-1}), wheat straw (10 tons ha^{-1}) enriched with ammonium sulfate, and control (no fertilizer). Plant density included three levels of 26666, 40000, and 80000 plants ha^{-1} as a sub-factor. Measured traits included plant height, canopy area, number of main branches, shoot dry matter yield, percentage of dry weight to fresh weight of plant, and percentage of moisture to dry soil at 0-20 and 20-40 cm depths. Analysis of variance was performed using SPSS software. The statistical significance of differences in mean values was assessed by Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The results showed significant differences between treatments in measured traits. Among the measured traits, the effect of organic fertilizer and plant density on plant height, canopy area, number of main branches, shoot dry matter yield were significant at 1% level. The interaction effect of year, organic fertilizer and plant density showed that the highest of shoot dry matter yield (426 kg ha^{-1}) was related to cattle manure application and high plant density in second year. The highest plant height and number of main branches were observed 34 cm and 29 numbers, respectively in treatment of cattle manure and second year. Organic fertilizers increased the storage capacity of soil moisture and created suitable conditions for growth and increased the biological *Satureja bachtiarica* yield. Improving soil structure and nutrients and better root growth increased plant growth and yield due to the use of organic fertilizers. The plant density due to higher plant per unit area, plant competition, optimal use of available space, and also establishment and more plant growth in the second year increased significantly the *Satureja bachtiarica* yield.

Conclusions

This study showed that understanding the success of establishment and full tolerance of this plant under dryland farming conditions and the minimum soil moisture in the cold semi-steppe region (Damavand) with an

1- PhD student of Agronomy, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor of Medicinal Plants and by Products Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Professor in Department of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran
4- Professor in Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Professor of Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: lebaschy@rifr-ac.ir)

average rainfall about 340 mm per year and also the use of cattle manure and high plant density can increase the economic yield of *Satureja bachtiarica* in second year of cultivation.

Keywords: Ambrothermic diagram, Canopy area, Cattle manure, Dry weight, Percentage of dry weight